

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-272973

(43) 公開日 平成9年(1997)10月21日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I            | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|----------------|--------|
| C 2 3 C 14/35             |      |        | C 2 3 C 14/35  | C      |
|                           |      |        | 14/34          | G      |
| H 0 1 L 21/203            |      |        | H 0 1 L 21/203 | S      |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-82848

(22) 出願日 平成8年(1996)4月4日

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 平田 和男

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル  
バ株式会社内

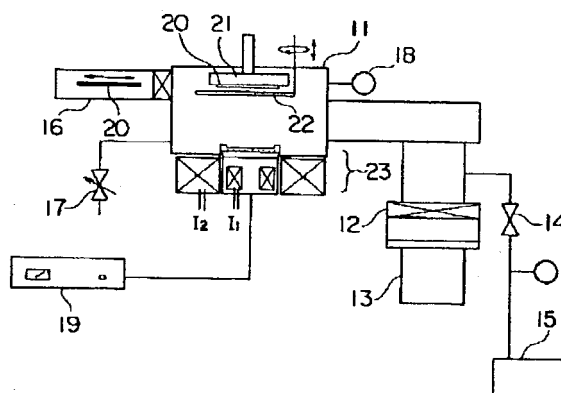
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 低圧力放電スパッタ装置

(57) 【要約】

【課題】  $10^{-2}$ 以下の圧力で安心して大電流放電が可能なスパッタ装置を提供する。

【解決手段】 カソード部23に内部電磁石と外部電磁石とを有するマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、シャッター22を、カソード上に載置されたターゲット表面の、該ターゲット表面に対する最大平行磁場強度が得られる位置の垂直上方であって、その平行磁場強度が10 Gauss以下になる位置よりもさらに離れた位置に設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する第1の磁石と、前記カソードの周囲に配置され前記第1の磁石が形成する磁力線を前記ターゲットの中心へ閉じ込める第2の磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式の低圧力放電スパッタ装置において、前記ターゲットからのスパッタ粒子を制御する制御部材を、前記ターゲット表面の、該ターゲット表面に対する最大平行磁場強度が得られる位置の垂直上方であって、その平行磁場強度が10 Gauss以下になる位置よりもさらに離れた位置に設けたことを特徴とする低圧力放電スパッタ装置。

【請求項2】 前記制御部材がシャッターであることを特徴とする請求項1の低圧力放電スパッタ装置。

【請求項3】 前記制御部材がコリメーターであることを特徴とする請求項1の低圧力放電スパッタ装置。

【請求項4】 ターゲットを載置する裏板を有するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する第1の磁石と、前記カソードの周囲に配置され前記第1の磁石が形成する磁力線を前記ターゲットの中心へ閉じ込める第2の磁石と、前記裏板の周辺部を前記ターゲットの表面側から覆うカソードシールドとを備えたマグネトロンスパッタリング方式の低圧力放電スパッタ装置において、前記カソードシールドの内周端が、前記第1の磁石の外周側磁極の外周面よりも外側に位置するようにしたことを特徴とする低圧力放電スパッタ装置。

【請求項5】 前記ターゲットの表面上であって、垂直磁場強度が零になる位置での平行磁場強度が200 Gauss以上となるように、前記第1の磁石及び前記第2の磁石を構成したことを特徴とする請求項1、2、3、または、4の低圧力放電スパッタ装置。

【請求項6】 前記カソードへの印加電圧を-200 V以下、-6 kV以上としたことを特徴とする請求項1、2、3、4、または、5の低圧力放電スパッタ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低圧力放電スパッタ装置に関し、特に、ブレナー型マグネトロンスパッタ装置を有し、低圧力で大電流放電が可能な低圧力放電スパッタ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、大規模生産に利用されるブレナー型マグネトロンスパッタ方式による、低圧力スパッタ技術が注目されている。これは、通常のスパッタ圧力(0.4~0.8 Pa)より低い圧力(10<sup>-3</sup> Pa以下)でスパッタを行うことにより、膜中へ侵入する不純物(Ar、N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>等)の減少による膜質改善や、スパッタ粒子の膜への垂直入射成分が増加することによる

ホールやトレンチなどの埋め込みや段差への被覆性の改善が期待できるからである。そして、このような低圧力スパッタを実現するために、種々の低圧力用マグネトロンスパッタと、スパッタ方法とが提案されている。

【0003】例えば、日本真空(株)の松浦等は、Sputtering& Plasma Processes 予稿集Vol.9 No.3, 1994, 9.12, P1において、誘導結合型RFプラズマ支援低圧力用マグネトロンスパッタを報告している。このカソードでは、マグネトロンスパッタ本体に、RFヘリカルアンテナを取り付け、このアンテナにRF電力を投入してターゲット上に高密度なプラズマを形成するとともに、ターゲットにDCまたはRF電力を投入して、5×10<sup>-3</sup> Paという低圧力での放電維持を実現している。しかしながら、このカソードでは、RFヘリカルアンテナによるプラズマとマグネトロンスパッタ上のプラズマとのインピーダンスマッチングが取りにくく、アンテナ及びカソードに大電流を投入することができない。このため、成膜速度が低いという欠点がある。例えば、A1ターゲットを用いた場合、スパッタ圧力5×10<sup>-3</sup> Paで、ターゲット・基板間距離が140 mmのとき、30 nm/min程度である。また、RFヘリカルアンテナが、カソードと基板の間に配置されるので、アンテナ表面がスパッタされ、形成される膜中に不純物として混入するという欠点もある。

【0004】また、同じ日本真空(株)の榎本等は、ターゲット・基板間の距離を120 mm~300 mmと長くして、スパッタ圧力を3×10<sup>-3</sup> Pa前後から5×10<sup>-3</sup> Pa前後へと低下させることで、低圧力放電維持ができることを、SEMIテクノロジーシンポジウム94講演予稿集、1994.11.30-12.2, P219, に報告している。

【0005】しかしながら、この方法においても、例えば、直径12センチのTiターゲットを用いて、ターゲット・基板間の距離を140 mm、圧力5×10<sup>-3</sup> Paとした場合に140 nm/minの成膜速度が得られるにすぎず、成膜速度が遅いという欠点がある。これは、ターゲット・基板間の距離を大きくするほど遅くなる。また、この方法では、どのようなカソードを用いたのか不明(前記予稿集には新開発の低圧放電カソードを用いると記載されている)である。

【0006】また、東京理科大学の麻蒔教授等は、従来型のブレナー型マグネトロンスパッタ装置の永久磁石を改良してターゲットエロージョン中心部のターゲットに対して平行な磁束密度を数百Gaussから数千Gaussにし、印加電圧を-6、8 kV程度の高電圧にすることにより、放電電流が10<sup>-3</sup> A程度で、圧力が10<sup>-3</sup> Pa台の低圧放電維持を実現できることを報告している(月間「IONICS」第20巻第9号、1994年9月号、P37、J.Vac.Sci.Technol.A10(6), Nov/Dec 1992 P3430、及びJpn.J.Appl.Phys.Vol32(1993)P902)。

【0007】しかしながら、この方法は、A1ターゲッ

トを用いた場合、圧力 $2.5 \times 10^{-3}$  Paで、成膜速度が0.8 nm/minと、極めて低いという欠点がある。

【0008】さらにまた、前記麻蔭教授等は、ターゲットにIC配線材料として有望な銅を用い、直径120 mmのカソードに約6 kW (約700 V, 8 A)の電力を投入して、スパッタガスの導入を停止して、セルフスパッタが実現できることを報告している。ここで、セルフスパッタとは、ターゲットから飛び出したスパッタ粒子が、プラズマ中の荷電粒子(電子等)と衝突して正イオンになり、スパッタガス導入を停止した後でも、イオン化したスパッタ粒子の働きにより放電を維持する現象である。このセルフスパッタによれば、約 $2 \times 10^{-3}$  Paの低圧力で、数 $\mu$ m/minの高成膜速度を得ることができる。

【0009】しかしながら、この方法では、ターゲット材料がスパッタ率の高い材料、あるいはイオン化し易い材料(例えば、金、銀、鉛、真鍮、カドミウム、アルミブロンズ、タンタル、及びステンレス等)に限定されるという欠点がある。また、ターゲットに非常に高い電力を投入するので、ターゲットの温度が非常に上昇するという欠点もある。さらに、この方法では、成膜速度を制御することが困難であるという欠点もある。

【0010】以上のように、現在様々な低圧力スパッタ技術が提案されているが、いずれも、成膜速度が遅い、あるいは速くても制御できない等の欠点を有しており、低圧力で大電流放電が可能なカソードの実現が望まれている。そして、これらの欠点を解消できるのではないかと期待される低圧力用マグネトロンカソードが、特開平7-3450号公報や、特開平7-166348号公報に記載されている。

【0011】特開平7-3450号公報に記載された低圧力用マグネトロンカソードは、カソード内部に、ターゲット上に閉ループを形成する磁場手段を有し、カソード外周部に補助永久磁石(あるいは電磁石)を配置することで、低圧力時にターゲット上のプラズマが広がることを防止して、約 $2.7 \times 10^{-3}$  Paの低圧力放電維持を実現している。

【0012】また、特開平7-166348号公報に記載された低圧力用マグネトロンカソードは、カソード内部に、ターゲット上に閉ループを形成する磁場手段を有し、カソード外周部に補助電磁石を配置することで、約 $1.5 \times 10^{-3}$  Paの低圧力放電維持を実現している。ここでは、有効カソード領域(磁力線が2回カソード度交わる領域)をカソード全領域の80%以上とすることにより上記のような低圧力放電維持を実現している。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平7-3450号公報や、特開平7-166348号公報に記載された低圧力用マグネトロンカソードを用いても、低圧力において放電を維持できない場合があること

を本発明者は見いだした。また、これらの低圧力用マグネトロンカソードを用いると $10^{-3}$  Pa台での放電維持が可能となるが、それ以下、即ち、 $10^{-3}$  Pa台以下の圧力での放電維持は困難である。

【0014】本発明は、 $10^{-3}$ 以下の圧力で安定して大電流放電が可能なスパッタ装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する第1の磁石と、前記カソードの周囲に配置され前記第1の磁石が形成する磁力線を前記ターゲットの中心へ閉じ込める第2の磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式の低圧力放電スパッタ装置において、前記ターゲットからのスパッタ粒子を制御する制御部材を、前記ターゲット表面の、該ターゲット表面に対する最大平行磁場強度が得られる位置の垂直上方であって、その平行磁場強度が10 Gauss以下になる位置よりもさらに離れた位置に設けたことを特徴とする低圧力放電スパッタ装置が得られる。ここで、制御部材とは、シャッターや、コリメーターを指す。

【0016】また、本発明によれば、ターゲットを載置する裏板を有するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する第1の磁石と、前記カソードの周囲に配置され前記第1の磁石が形成する磁力線を前記ターゲットの中心へ閉じ込める第2の磁石と、前記裏板の周辺部を前記ターゲットの表面側から覆うカソードシールドとを備えたマグネトロンスパッタリング方式の低圧力放電スパッタ装置において、前記カソードシールドの内周端が、前記第1の磁石の外周側磁極の外周面よりも外側に位置するようにしたことを特徴とする低圧力放電スパッタ装置が得られる。

【0017】さらに、本発明によれば、ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する第1の磁石と、前記カソードの周囲に配置され前記第1の磁石が形成する磁力線を前記ターゲットの中心へ閉じ込める第2の磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式の低圧力放電スパッタ装置において、前記ターゲットの表面上であって、垂直磁場強度が零になる位置での平行磁場強度が200 Gauss以上となるように、前記第1の磁石及び前記第2の磁石を構成したことを特徴とする低圧力放電スパッタ装置。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1に本発明の低圧力放電スパッタ装置の一実施の形態を示す。図1のスパッタ装置は、真空容器11と、真空容器11にメインバルブ12を介して連結されたメインポンプ(クライオポンプ)

13と、真空容器11に荒引きバルブ14を介して連結された油回転ポンプ15と、真空容器11に連結されたロードロック室16と、真空容器11に接続されたガス導入制御系17と、真空容器11に取り付けられた真空計18と、DC電源19とを有している。

【0019】また、真空容器11の内部には、基板20を保持するための基板ホルダー21、回転及び上下移動により基板20を覆うシャッター22、及び基板ホルダー21に対向して配置されたカソード部23が配設されている。DC電源19は、このカソード部23に接続さ

れる。  
【0020】真空容器11の内部は、油回転ポンプ15で真空排気した後、クライオポンプ13で真空排気を行うことにより、内部圧力を $5 \times 10^{-5}$  Pa以下に保つことができる。また、ロードロック室16には、図示しない真空ポンプが連結されており、真空容器11内を大気圧にすることなく、図示しない基板交換機構により基板20を基板ホルダー21に保持させることができる。

【0021】ガス導入制御系17からは、スパッタガス（例えば、Arガス、N<sub>2</sub>ガス、O<sub>2</sub>ガス、またはこれらの混合ガス）が真空容器11内に導入される。このとき、真空計18の検出値に応じて流量を制御することができる。

【0022】図2に、カソード部23の拡大図を示す。このカソード部23は、ブレナー型マグネトロンカソードであって、カソードボディ231と、その内部に収められた山型ヨーク232、さらに山型ヨーク232の内部に配置された内部電磁石233と、カソードボディ231の外周部に配置された外部電磁石234を有している。また、カソードボディ231の上部には、冷却水路235を形成され、裏板236が取り付けられている。ターゲット237は、この裏板236上に設置される。さらに、真空容器11のフランジ238には、カソード部23と電氣的に絶縁されたカソードシールド239が、裏板236がスパッタされるのを防止するように、ターゲット237の外周に端部を近接させて取り付けられている。

【0023】このようなスパッタ装置において、内部電磁石233に図示しない電源から励磁電流 $I_1$ を流し、外部電磁石234に別の図示しない電源から励磁電流 $I_2$ とは逆向きの励磁電流 $I_1$ を流し、真空容器11にスパッタガスを導入して内部圧力を $10^{-2}$  Pa $\sim$  $10^{-1}$  Paとして、カソード部23に $-200$  V以下の電圧を印加すると、スパッタ放電が確認できる。

【0024】このとき、ターゲット237上には、内部電磁石233による閉ループ状（閉塞）の磁力線が形成される。また、内部電磁石233による磁力線のうち発散しようとする磁力線の一部は、外部電磁石234の働きによりターゲット237の中心方向へと閉じ込められる。

【0025】詳述すると、内部電磁石233は、図2に示すように、山型ヨーク232の中心側磁極がS極で、外周側磁極がN極になるように、電流の方向及びコイルの巻き方が設定されており、この内部電磁石233が形成する閉塞磁力線31は（ターゲットの上方では）外周磁極から中心磁極へと向かう。この閉塞磁力線31に対して、外部電磁石234が形成する磁力線32を重畳すると、前記閉塞磁力線31はターゲット237の中心方向に圧縮されるとともに、発散していた磁力線33の一部もターゲット237の中心方向へと閉じ込められ、ターゲット237からかなり離れた位置（ターゲットの上方）を通る磁力線も閉塞磁力線31となる。なお、図2には、閉塞磁力線31により閉じ込められたプラズマ34も示してある。

【0026】図3に、図2のカソード部23による、磁力線分布の実測データと、ヨークと磁石の形状から求めた磁力線分布のシミュレーション結果を示す（上段）。ここで、比較のため、外部電磁石234に電流を印加しない場合（下段）の結果も示す。

【0027】測定は、ターゲットサイズを $100$  mm（直径）とし、内部電磁石233の励磁電流 $I_1$ を $1.4$  Aとし、外部電磁石励磁電流 $I_2$ /内部電磁石励磁電流 $I_1$ 、 $=0.3$ として行った。なお、実測データは、カソード全域について、シミュレーションは、カソードの（右）半分について行った。

【0028】図3の実測データ（左欄）を比較すると、 $I_2/I_1=0.3$ の方（上段）が閉ループをはっきりと確認できる。また、シミュレーションでは、 $I_2/I_1=0.3$ の方は、中心磁極から出た磁力線がターゲット上で、全てきれいな閉ループを形成するが、 $I_2/I_1=0$ の方では、中心磁極から出た磁力線の一部はターゲット上で閉ループを形成するが、多くはターゲット外に発散する。また、実測、シミュレーションいずれの場合も、 $I_2/I_1=0.3$ の方が、 $I_2/I_1=0$ に比べて、ターゲットからかなり離れた位置まで、閉ループを形成している。

【0029】一般に、低圧力では、ターゲット上のプラズマが広がることが知られている。その理由は明らかではないが、プラズマ中の電子がターゲット表面上での閉ループ状の磁力線の外側軌道に移動するためのに起きる現象と考えられている。したがって、外部電磁石234を励磁したときに得られる磁力線分布により、外側軌道に移動した電子を確実にトラップすることができ、低圧力放電維持を実現できる。

【0030】前述の $I_2/I_1=0.3$ の場合は、低圧力で広がろうとするプラズマを外部電磁石による磁力線でターゲット上に良く押さえ込んでいるので、低い放電維持圧力を達成できる。

【0031】図3の上段に示すような閉塞磁力線分布は、永久磁石を用いても実現できる。図4乃至図8は、

永久磁石を用いた場合のカソード部23の拡大図である。ただし、磁石の配置関係が明確になるように、図2に比べ簡略化してある。

【0032】即ち、図4に示すように、内部電磁石23に代えて内部永久磁石41を用いてもよい。また、図5に示すように、内部永久磁石51をカソードボディ（図示せず）内で回転させる様にしてもよい。

【0033】また、外部永久磁石は、図6乃至図8に示すように配置することもできる。ここで、図6乃至図8のカソード部に使用される外部永久磁石61、71、及び81は、図示しない上下機構に取り付けられており、図の上下方向（矢印で示す方向）に移動可能である。この移動機構により外部永久磁石61、71、及び81を上下に移動させ、閉塞磁力線分布を最適化することにより、低い放電圧力を達成できる。

【0034】また、図5及び図8の内部永久磁石を回転させる回転機構（図示せず）は、内部永久磁石を22rpmの速度で回転させる。これにより、閉ループ状の磁力線を、約3秒でターゲット表面の約99%の領域上に発生させることができる。

【0035】図9に、図1の装置における、ターゲット上の垂直磁場強度が零になる位置での平行磁場強度と、放電開始圧力及び放電維持最低圧力を示す。図9から明らかなように、ターゲット上の平行磁場強度が200ガウスよりも大きければ、放電開始圧力及び放電維持最低圧力は、ほぼ一定（最低値）となる。例えば、ターゲットとして直径100mmのA1を使用した場合、印加電圧-800V、平行磁場強度200ガウスで、 $3 \times 10^{-2}$  Paの放電維持最低圧力が得られる。

【0036】上述したように、図1の装置を用いれば、低圧力下での放電維持が可能となる。このような装置を用いて、ターゲット・シャッター間距離（T/Sh）と放電維持最低圧力との関係を調べた結果を図10に示す。なお、ここでは、縦軸を放電維持最低圧力とし、横軸を $I_z/I_x$ 比の値としている。また、ターゲット・基板間距離は160mm、 $I_x = 1.4$  A、 $Id = 64$  mA/cm<sup>2</sup>、として測定した。

【0037】図10から明らかな様に、 $I_z/I_x$ 比の値に関わらず、ターゲット・シャッター間の距離が小さなるほど、放電維持最低圧力は大きくなる。特に、ターゲット・シャッター間距離が30mmの場合には、 $I_z/I_x$ 比の値の変化に伴う変化も小さく、放電維持最低圧力は大きなままである。さらにターゲット・シャッター間距離（T/Sh）と放電維持最低圧力の変化の関係を明確にするため、 $I_z/I_x$ 比の値を0.3に固定して測定した結果を図11に示す。図11から、T/Shが約70mm以上であれば、放電維持最低圧力はほぼ一定であるが、それよりも小さいと放電維持最低圧力が急激に大きくなることが明らかである。

【0038】次に、ターゲット表面からの距離と平行磁

場強度との関係を図12に示す。図12からターゲット表面に近付くほど平行磁場強度が強くなり、また、ターゲットから50mm以上離れると、ほぼ0ガウスとなることが読み取れる。

【0039】図11と図12とを見比べると、平行磁場強度が大きい位置にシャッター等を配置した場合に、放電維持最低圧力が大きくなると考えられる。このような現象は、シャッターの代わりにコリメータが存在する場合にも同様に発生する。これは、シャッターがステンレス製あるいはチタン製等の金属であって、その電位はグラウンド、もしくは浮いているために、シャッターがターゲットに近い場合には、ターゲット表面上で閉ループ状の磁力線に巻き付く荷電粒子（電子）がシャッターに吸収されて低圧力放電に寄与しなくなるからだと考えられる。

【0040】したがって、本実施の形態では、放電維持最低圧力を低くするために、ターゲット表面で最大磁界強度を示す位置の垂直上方であって、ターゲットと平行の磁界成分強度が0ガウスになる点よりも離れた位置に、シャッター（シャッターの最下位置）を配置している。ただし、実際には、平行磁場強度が0ガウスになる位置を検出することは、地磁気等の影響により不可能に近いので、10ガウス以下になる点（図12の場合は50mm）よりもさらに離れた位置（例えば、100mm）に配置するようにすればよい。

【0041】図13（a）、（b）に示すようにシャッター22の配設が成されている場合も、シャッター22の位置を前記と同様に設定すれば、放電維持最低圧力を低くすることができる。また、コリメータを設ける場合も同様に、ターゲットと平行の磁界成分強度が10ガウスになる点よりもさらに離れた位置に設けるようにする。

【0042】また、カソードシールド239の位置によっても、放電維持最低圧力の上昇が見られる。詳述すると、図14に示すように、ターゲット237の端面と山型ヨーク232との外周面とが（図の左右方向に関して）一致している状態で、ターゲット237の端面とカソードシールド239の端面との距離dxと、放電維持最低圧力との調べると、図15のようになった。図15から明らかな様に、距離dxがマイナスの場合（カソードシールド239がターゲット237上に存在する場合）は、放電維持最低圧力が非常に大きくなる。これは、ターゲット・シャッター間の関係と同じで、閉ループ状の外側軌道の磁力線に巻き付く電子が、ステンレス製のカソードシールド（電位は、グラウンドまたは浮いている）に吸収されて低圧力放電に寄与しなくなるためである。

【0043】したがって、カソードシールド239の影響による放電維持最低圧力の上昇を防ぐために、カソードシールド239の端面が山型ヨーク232の外周面よりもさらに外側に位置するようにする。本実施の形態の

装置では、実測データまたはシミュレーションにより磁力線分布を求め、ターゲット表面上に形成される閉ループ磁力線31のうち、最も外側の磁力線の位置を求めて、それよりも外側にカソードシールド239の端面が位置する様に配置している。これによりカソードシールドの端面は山型ヨーク232の外周面より8mm外側に位置することになる。この場合、裏板236とカソードシールド239との間で放電が生じる可能性があるため、磁力線分布を変えることなくターゲット237の端部を

図14に破線で示す様に延長したり、ターゲット押さえ等を隙間に挿入したりする必要がある。

【0044】以上のように、シャッター、コリメーター、及びカソードシールドの位置を適切に配置すれば、安定して低圧力下に置ける放電を維持する事ができる。

【0045】図16に、本実施の形態の装置を用いて測定した、印加電圧と放電電流密度との関係を示す。図16から分かるように、本実施の形態の装置よれば、スパッタ圧力 $4 \times 10^{-3}$  Paで、 $38 \text{ mA/cm}^2$ が得られている。なお、ここでは、DC電源として、市販されている-1.2 kVまで印加可能な電源と、-6 kVで3 A、-3 kVで6 A、-1.5 kVで12 Aの3段切り替え式の新たに開発した電源とを組み合わせることで測定を行った。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、シャッター、コリメーター、及びカソードシールドの位置を適切にすることで、スパッタ圧力 $10^{-2}$  Pa以下の圧力で安定して、大電流放電を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の低圧力放電スパッタ装置の一実施の形態を示す概略図である。

【図2】図1の低圧力放電スパッタ装置のカソード部の拡大図である。

【図3】図2のカソード部に形成される磁力線について説明するための図である。

【図4】図1の低圧力放電スパッタ装置に用いられる、内部永久磁石を有するカソード部を示す図である。

【図5】図1の低圧力放電スパッタ装置に用いられる、内部永久磁石を有するカソード部の他の例を示す図である。

【図6】図1の低圧力放電スパッタ装置に用いられる、外部永久磁石を有するカソード部を示す図である。

【図7】図1の低圧力放電スパッタ装置に用いられる、外部永久磁石を有するカソード部の他の例を示す図である。

【図8】図1の低圧力放電スパッタ装置に用いられる、外部永久磁石を有するカソード部のまた別の例を示す図である。

【図9】図1の装置における、平行磁場強度と放電圧力

との関係を示すグラフである。

【図10】図1の装置における、ターゲット・シャッター間距離をパラメータとする励磁電流比と放電維持最低圧力との関係を示すグラフである。

【図11】図1の装置における、ターゲット・シャッター間距離と放電維持最低圧力との関係を示すグラフである。

【図12】図1の装置における、ターゲット表面からの距離と平行磁場強度との関係を示すグラフである。

【図13】(a)及び(b)は、それぞれシャッターの他の配設方法を示す図である。

【図14】カソードシールドの配置を説明するための拡大図である。

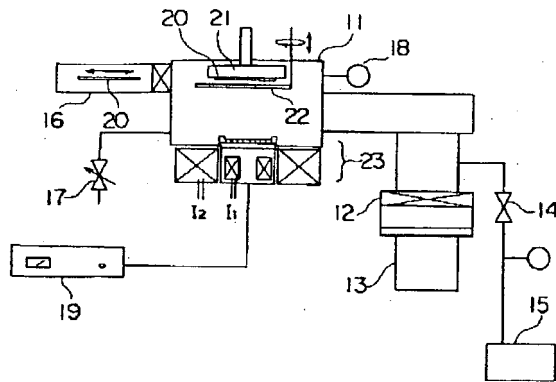
【図15】図14の距離d xと放電維持最低圧力との関係を示す図である。

【図16】図1の装置における、印加電圧と放電電流密度との関係を示すグラフである。

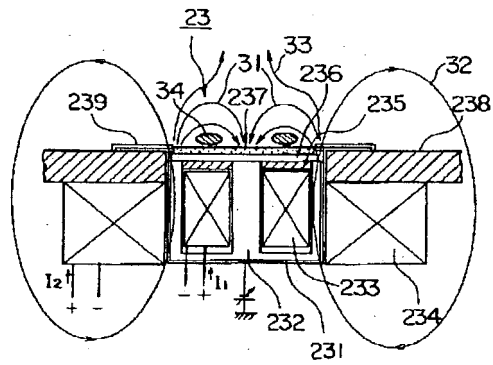
【符号の説明】

- |     |                 |
|-----|-----------------|
| 11  | 真空容器            |
| 12  | メインバルブ          |
| 13  | メインポンプ(クライオポンプ) |
| 14  | 荒引きバルブ          |
| 15  | 油回転ポンプ          |
| 16  | ロードロック室         |
| 17  | ガス導入制御系         |
| 18  | 真空計             |
| 19  | DC電源            |
| 20  | 基板              |
| 21  | 基板ホルダー          |
| 22  | シャッター           |
| 23  | カソード部           |
| 231 | カソードボディ         |
| 232 | 山型ヨーク           |
| 233 | 内部電磁磁石          |
| 234 | 外部電磁石           |
| 235 | 冷却水路            |
| 236 | 裏板              |
| 237 | ターゲット           |
| 238 | フランジ            |
| 239 | カソードシールド        |
| 31  | 閉塞磁力線           |
| 32  | 磁力線             |
| 33  | 磁力線             |
| 34  | プラズマ            |
| 41  | 内部永久磁石          |
| 51  | 内部永久磁石          |
| 61  | 外部永久磁石          |
| 71  | 外部永久磁石          |
| 81  | 外部永久磁石          |

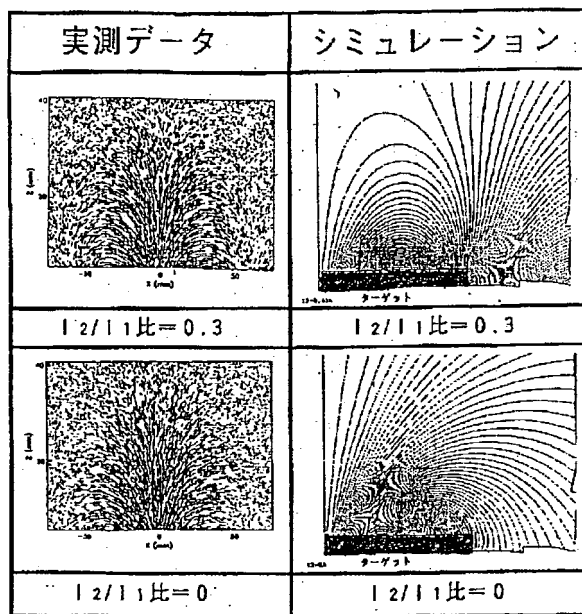
【図1】



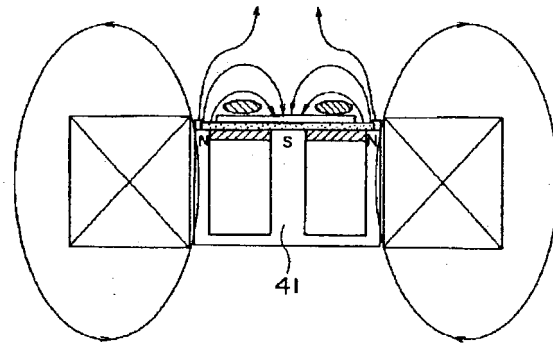
【図2】



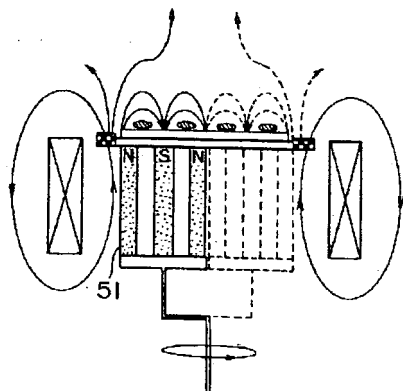
【図3】



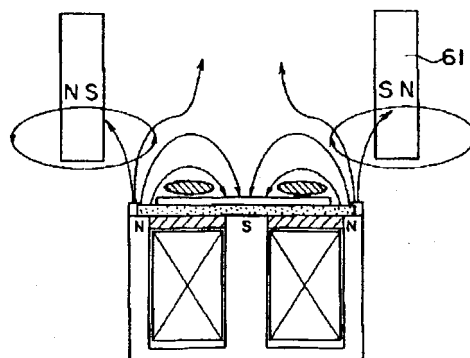
【図4】



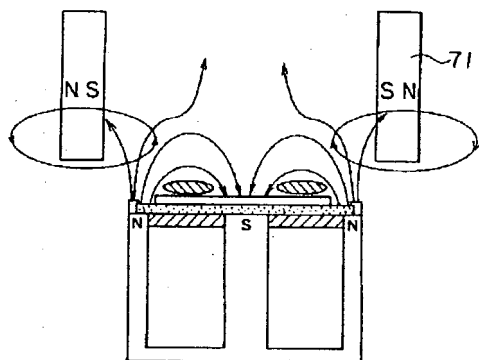
【図5】



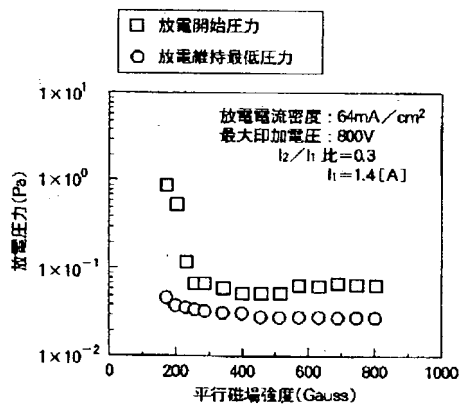
【図6】



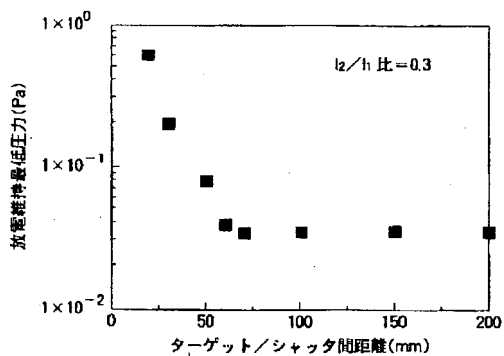
【図7】



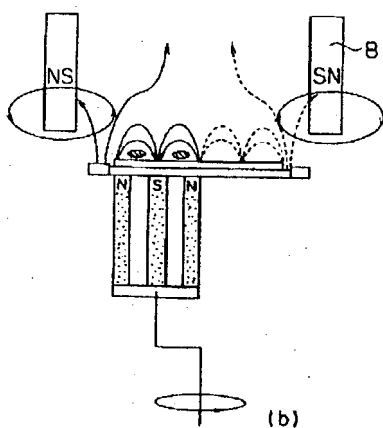
【図9】



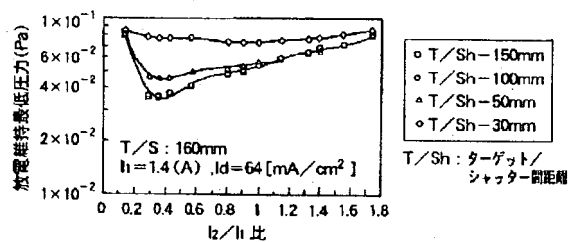
【図11】



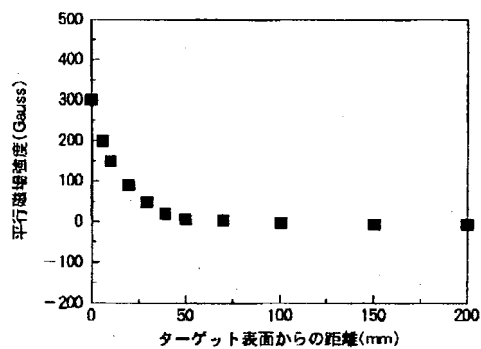
【図8】



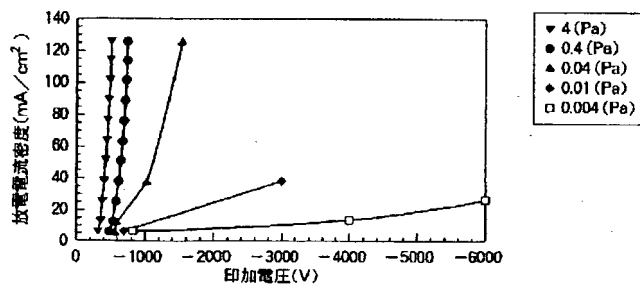
【図10】



【図12】

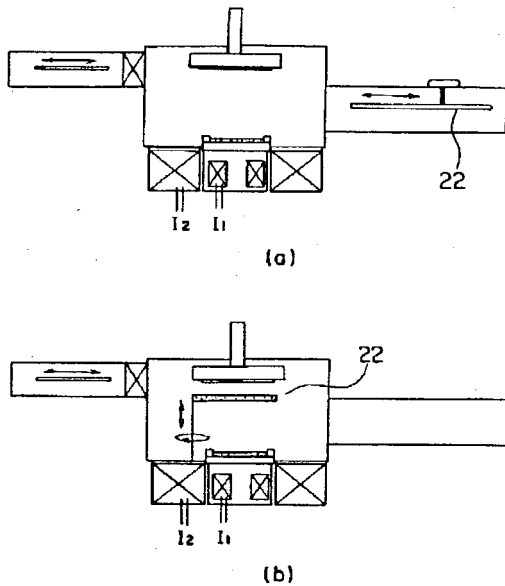


【図16】

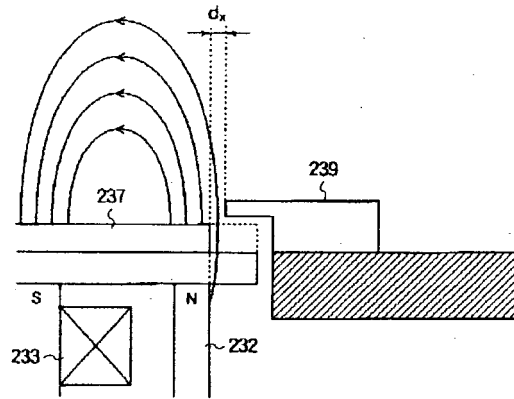




【図13】



【図14】



【図15】

| ターゲット先端部-<br>シールド先端部間距離<br>$dx$ [mm] | 放電維持最低圧力<br>(Pa)     | 放電条件<br>(ターゲット: $\phi 4$<br>A1)                                    |
|--------------------------------------|----------------------|--|
| -15                                  | $2 \times 10^{-1}$   | 放電電流密度 $I_d$<br>$I_d = 64 \text{ mA/cm}^2$<br><br>最大印加電圧<br>:-800V |
| -10                                  | $8 \times 10^{-2}$   |  |
| -5                                   | $8 \times 10^{-2}$   |  |
| 0                                    | $4 \times 10^{-2}$   |  |
| 5                                    | $3.5 \times 10^{-2}$ |  |
| 8                                    | $3 \times 10^{-2}$   |  |
| 10                                   | $3 \times 10^{-2}$   |  |
| 20                                   | $3 \times 10^{-2}$   |  |
| $\infty$                             | $3 \times 10^{-2}$   |  |

## 【手続補正書】

【提出日】平成8年4月12日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0012】また、特開平7-166348号公報に記載された低圧力用マグネトロンカソードは、カソード内部に、ターゲット上に閉ループを形成する磁場手段を有し、カソード外周部に補助電磁石を配置することで、約  $1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  の低圧力放電維持を実現している。ここでは、有効カソード領域（磁力線が2回カソードと交わる領域）をカソード全領域の80%以上とすること

により上記のような低圧力放電維持を実現している。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0033】また、図6に示すように、図2の外部電磁石234に代えて外部永久磁石61を用い、図6のように配置することもできる。さらに、図7は図4の外部電磁石234に代えて外部永久磁石71を、図8は図5の外部電磁石234に代えて永久磁石81をそれぞれ用いて配置したものである。ここで、図6乃至図8のカソード部に使用される外部永久磁石61、71、及び81

は、図示しない上下機構に取り付けられており、図の上下方向（矢印で示す方向）に移動可能である。この移動機構により外部永久磁石61、71、及び81を上下に移動させ、閉塞磁力線分布を最適化することにより低い放電圧力を達成できる。

【手続補正3】

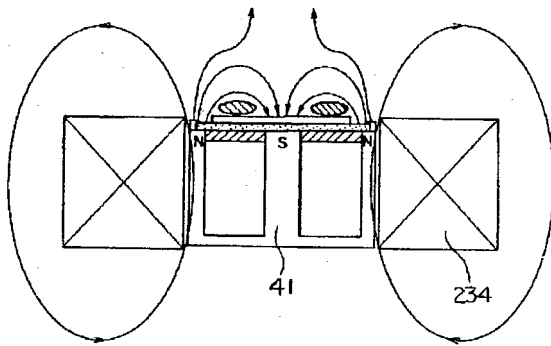
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正4】

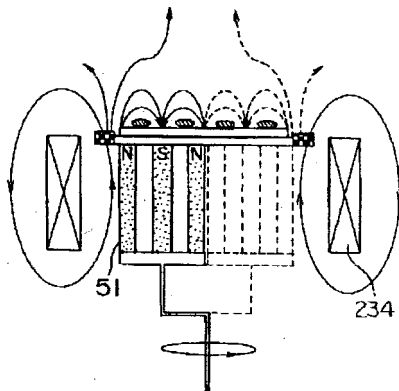
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正5】

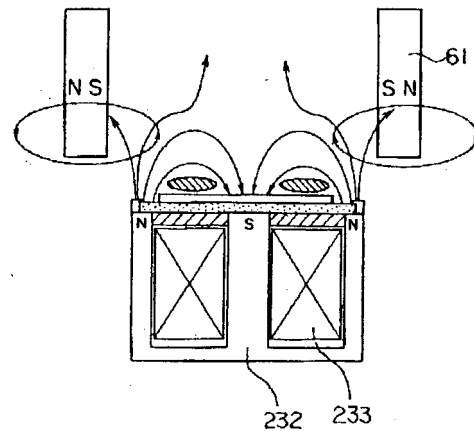
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正6】

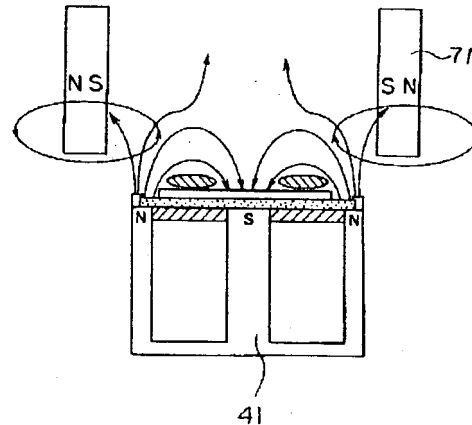
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正7】

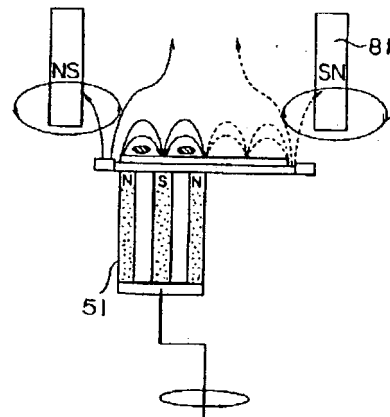
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第3部門第4区分  
 【発行日】平成15年7月3日(2003.7.3)

【公開番号】特開平9-272973  
 【公開日】平成9年10月21日(1997.10.21)  
 【年通号数】公開特許公報9-2730  
 【出願番号】特願平8-82848  
 【国際特許分類第7版】

C23C 14/35  
 14/34  
 H01L 21/203

【F I】

C23C 14/35 C  
 14/34 G  
 H01L 21/203 S

【手続補正書】

【提出日】平成15年4月1日(2003.4.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 スパッタ装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、前記ターゲットからのスパッタ粒子を制御する制御部材を、前記ターゲット表面の、該ターゲット表面に対する最大平行磁場強度が得られる位置の垂直上方であって、その平行磁場強度が10 Gauss以下になる位置よりもさらに離れた位置に設けたことを特徴とするスパッタ装置。

【請求項2】 前記制御部材がシャッターであることを特徴とする請求項1に記載のスパッタ装置。

【請求項3】 前記制御部材がコリメーターであることを特徴とする請求項1に記載のスパッタ装置。

【請求項4】 ターゲットを載置する裏板を有するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する磁石と、前記裏板の周辺部を前記ターゲットの表面側から覆うカソードシールドとを備えたマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、前記カソードシールドの内周端が、前記磁石

の外周側磁極の外周面よりも外側に位置するようにしたことを特徴とするスパッタ装置。

【請求項5】 前記ターゲットの表面上であって、垂直磁場強度が零になる位置での平行磁場強度が200 Gauss以上となるように、前記磁石を構成したことを特徴とする請求項1, 2, 3, 又は4に記載のスパッタ装置。

【請求項6】 前記カソードへの印加電圧を-200 V以下、-6 kV以上としたことを特徴とする請求項1, 2, 3, 4, 又は5に記載のスパッタ装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、前記ターゲットからのスパッタ粒子を制御する制御部材を、前記ターゲット表面の、該ターゲット表面に対する最大平行磁場強度が得られる位置の垂直上方であって、その平行磁場強度が10 Gauss以下になる位置よりもさらに離れた位置に設けたことを特徴とするスパッタ装置が得られる。ここで、制御部材とは、シャッターやコリメーターを指す。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また、本発明によれば、ターゲットを載置

する裏板を有するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する磁石と、前記裏板の周辺部を前記ターゲットの表面側から覆うカソードシールドとを備えたマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、前記カソードシールドの内周端が、前記磁石の外周側磁極の外周面よりも外側に位置するようにしたことを特徴とするスパッタ装置が得られる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】さらに、本発明によれば、ターゲットを載置するカソードと、カソード内に配置され前記ターゲット上に閉ループ状の磁力線を形成する磁石とを備えたマグネトロンスパッタリング方式のスパッタ装置において、前記ターゲットの表面上であって、垂直磁場強度が零になる位置での平行磁場強度が200ガウス以上となるように、前記磁石を構成したことを特徴とするスパッタ装置が得られる。